

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Atsuo SAKAI

SERIAL NO: New Application

GAU:

FILED: Herewith

EXAMINER:

FOR: STEERING CONTROL DEVICE

**INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT UNDER 37 CFR 1.97**

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

Applicant(s) wish to disclose the following information.

**REFERENCES**

- The applicant(s) wish to make of record the references listed on the attached form PTO-1449. Copies of the listed references are attached, where required, as are either statements of relevancy or any readily available English translations of pertinent portions of any non-English language references.
- A check or credit card payment form is attached in the amount required under 37 CFR §1.17(p).

**RELATED CASES**

- Attached is a list of applicant's pending application(s) or issued patent(s) which may be related to the present application. A copy of the patent(s), together with a copy of the claims and drawings of the pending application(s) is attached along with PTO 1449.
- A check or credit card payment form is attached in the amount required under 37 CFR §1.17(p).

**CERTIFICATION**

- Each item of information contained in this information disclosure statement was first cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of this statement.
- No item of information contained in this information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application or, to the knowledge of the undersigned, having made reasonable inquiry, was known to any individual designated in 37 CFR §1.56(c) more than three months prior to the filing of this statement.

**DEPOSIT ACCOUNT**

- Please charge any additional fees for the papers being filed herewith and for which no check or credit card payment is enclosed herewith, or credit any overpayment to deposit account number 15-0030. A duplicate copy of this sheet is enclosed.

Respectfully submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913  
C. Irvin McClelland  
Registration Number 21,124

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2002年10月11日

出願番号 Application Number: 特願2002-298664

[ST. 10/C]: [JP2002-298664]

出願人 Applicant(s): 豊田工機株式会社

2003年 7月11日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫

【書類名】 特許願

【整理番号】 P02102TK

【提出日】 平成14年10月11日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B62D 6/00

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機株式会社内

【氏名】 酒井 厚夫

【特許出願人】

【識別番号】 000003470

【氏名又は名称】 豊田工機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100087723

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤谷 修

【電話番号】 052-363-2558

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007445

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9006486

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ステアリング制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ステアリング・ホイールに操舵反力を付与する操舵アクチュエータを有する操舵機構と、転舵軸を駆動する転舵アクチュエータを有する転舵機構とを備えたステアリング制御装置において、

前記ステアリング・ホイールの操舵角  $\theta$  を検出する操舵角センサと、

前記転舵機構における転舵変位量  $X_a$  を検出する転舵変位量センサとを有し、

前記操舵機構は、

前記操舵角  $\theta$  の上限位置  $\theta_E$  付近及び、前記操舵角  $\theta$  の下限位置  $-\theta_E$  付近において、

前記操舵角  $\theta$  の所定の許容範囲 ( $-\theta_E \leq \theta \leq \theta_E$ ) からの閾値越えを抑止する仮想的な当接抗力を、

前記操舵角  $\theta$  、前記転舵変位量  $X_a$  、又は前記転舵変位量  $X_a$  に対する指令値  $X_n$  に基づいて生成する

終端反力生成手段を有する

ことを特徴とするステアリング制御装置。

【請求項 2】

前記操舵機構と前記転舵機構とを機械的に分離し、これら双方を連結する連結機構を電気的な運動機構にて代替的に構成した

ことを特徴とする請求項 1 に記載のステアリング制御装置。

【請求項 3】

前記許容範囲 ( $-\theta_E \leq \theta \leq \theta_E$ ) の上下限を車速  $v$  に基づいて、動的に変更する操舵角閾値可変手段を有する

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のステアリング制御装置。

【請求項 4】

前記指令値  $X_n$  の許容範囲 ( $-X_E \leq X_n \leq X_E$ ) の上下限を車速  $v$  に基づい

て、動的に変更する転舵変位量閾値可変手段を有することを特徴とする請求項1乃至請求項3の何れか1項に記載のステアリング制御装置。

#### 【請求項5】

前記転舵アクチュエータに対する指令値の閾値越えを緩和又は抑止する転舵リミッタを備え、

前記転舵リミッタは、前記操舵角 $\theta$ の閾値越えに対する操舵角リミッタを用いて構成されている

ことを特徴とする請求項1乃至請求項4の何れか1項に記載のステアリング制御装置。

#### 【請求項6】

前記転舵アクチュエータに対する指令値の閾値越えを緩和又は抑止する転舵リミッタを備え、

前記転舵リミッタは、前記指令値 $X_n$ の閾値越えに対する位置指令リミッタを用いて構成されている

ことを特徴とする請求項1乃至請求項5の何れか1項に記載のステアリング制御装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、ステアリング・ホイールに操舵反力を付与する操舵アクチュエータを有する操舵機構と、転舵軸を駆動する転舵アクチュエータを有する転舵機構とを備えたステアリング制御装置に関する。

本発明は、例えば、所謂ステアバイワイヤ・システムや、或いは、所謂可変ギヤ比システム等の車載用の各種のステアリング制御装置に有用である。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

例えば、従来のステアバイワイヤ・システムとしては、下記の特許文献1に記載されているものや、或いは、下記の特許文献2に記載されているもの等が一般

に広く知られている。

#### 【0003】

図12は、従来のステアバイワイヤ・システムであるステアリング制御装置900の制御方式を表す制御ブロック図である。

このステアリング制御装置900の操舵機構は、転舵軸8から分離されたステアリング・シャフトと、ハンドル1（ステアリング・ホイール）と、トルクセンサ3（操舵トルクセンサ）と、反力モータ4（操舵アクチュエータ）と、反力制御部5等から主に構成されている。

#### 【0004】

反力制御部5や位置制御部10Aは、各々1台の処理装置（制御装置）から構成しても良いし、1台の処理装置（制御装置）が実行する2つの制御プログラムとして構成しても良い。また、各モータ4、6を駆動する図略の各モータ駆動回路は、各モータに付随させても良いし、処理装置（制御装置）側に具備しても良い。これらの構成は一般に任意である。

#### 【0005】

反力制御部5は、位置制御部10Aが実行する所定のフィードバック制御（これを以下、位置制御Aと表す）によって決定される転舵モータ6に対する指令電流 $I_n$ と、トルクセンサ3が出力する操舵トルク $\tau$ に基づいて、反力モータ4に対する指令電流 $i_n$ を決定する。これにより、適度な操舵反力が生成される。

#### 【0006】

また、このステアリング制御装置900の操舵機構は、上記の位置制御Aを実行する位置制御部10Aと、舵角センサ2（操舵角センサ）と、転舵モータ6（操舵アクチュエータ）と、位置センサ7（転舵変位量センサ）と、転舵軸8と、タイヤ9等から主に構成されている。

#### 【0007】

図13は、上記の従来のステアリング制御装置900の位置制御部10Aの制御方式を表す制御ブロック図である。転舵軸の転舵変位量の指令値 $X_n$ は、位置制御A実行用の転舵変位量指令値演算部11Aにより、操舵角 $\theta$ に略比例する形で決定される。PID制御部12は、周知のPID制御により、転舵変位量の指

令値  $X_n$  と転舵変位量の測定値  $X_a$  に基づいて、転舵モータ 6 に対する指令電流  $I_n$  の値を決定する。この位置制御 A により、タイヤ 9 の向きが所望の向きに制御される。

### 【0008】

以上の制御方式に従えば、大きな操舵により転舵変位量の指令値  $X_n$  が転舵軸の実際の物理的な終端位置 ( $\pm X_E$ ) を超えると、その超過量に応じて指令電流  $I_n$  の値が急激に増大する。この時、反力制御部 5 の作用により反力モータ 4 の出力トルク (操舵反力) も急激に増大することになるので、例えハンドル 1 の回転範囲に物理的な制約 (終端又は当接点) が設けられていない場合でも、操舵範囲に仮想的な終端が自然に生成 (シミュレート又はエミュレート) される結果となる。

### 【0009】

即ち、上記の様な従来の制御方式は、ハンドル 1 の回転範囲に物理的な制約 (終端又は当接点) が設けられていない場合等に、操舵角  $\theta$  の所定の許容範囲 ( $-\theta_E \leq \theta \leq \theta_E$ ) からの閾値越えを抑止する、終端での仮想的な当接抗力 (操舵反力) を生成するのに都合が良い。

### 【0010】

#### 【特許文献 1】

特開2001-334947号公報 (第4-5頁、第1図)

#### 【特許文献 2】

特開平5-105100号公報 (第2-4頁、第1-3図)

### 【0011】

#### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の従来方式では、所定の操舵範囲の終端付近での仮想的な当接抗力 (操舵反力) は、転舵変位量  $X_a$  がエンドで機械的に固定されるのに対して指令値  $X_n$  が  $\theta$  に伴って増大することにより生成されるため、転舵モータ 6 に対する指令電流  $I_n$  が非常に大きくなることがあり、この様な状態が長く継続されると、転舵モータ 6 の発熱や故障の原因となる恐れがある。

したがって、上記の従来方式は、転舵アクチュエータ (転舵モータ 6) の小型

化や軽量化の阻害要因となるので、上記の従来方式を採用した場合、車両の製造コスト、車両設計の自由度、車両の運動性能等の面で不利となる。

#### 【0012】

図1は、この様な発熱の問題を排除するために考案された、発熱防止機能を有するステアリング制御装置100の制御方式を表す制御ブロック図である。このステアリング制御装置100は、転舵軸8の位置制御方式が上記のステアリング制御装置900の位置制御部10Aとは若干異なるものである。

即ち、図1の位置制御部10Bは、図13の転舵変位量指令値演算部11Aの代わりに、図2の転舵変位量指令値演算部11Bを用いて構成したものであり、この転舵変位量指令値演算部11BとPID制御部12の動作により転舵軸8の位置制御（位置制御B）を実行する。ただし、PID制御部12等のその他の部分はそのまま用いる。

#### 【0013】

図2は、ステアリング制御装置100の転舵変位量指令値演算部11Bの演算方式を表すグラフである。本グラフの土 $X_E$ は、転舵変位量の許容範囲を表しており、実際の転舵軸の変位量の限界点に合わせて設定されている。例えばこの様に、転舵変位量の指令値 $X_n$ の上下限をリミッタ等を用いてガードすれば、転舵モータ6に対する指令電流 $I_n$ が過大となることが防止されるため、上記の発熱の問題は排除される。

#### 【0014】

しかしながら、この様なガード処理を実施した場合、PID制御部12と反力制御部5の作用により、反力モータ4の出力トルク（操舵反力）も抑制されることになるので、図12のステアリング制御装置900の様に操舵範囲に仮想的な終端が生成（シミュレート又はエミュレート）されることはなくなる。

また、ステアリング制御装置900の様な当接抗力（操舵反力）も生成されなくなるため、図2の斜線部分は容易に突入できるハンドルの遊び領域となってしまい、操舵角 $\theta$ がこの遊び領域に突入した際には、リニアな操舵感や転舵の応答性が損なわれる結果となる。

#### 【0015】

本発明は、上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的は、ハンドルの回転範囲に物理的な制約（終端又は当接点）が設けられていない操舵角 $\theta$ に対して、モータの発熱等の原因を作ることなく、仮想的な当接抗力（操舵反力）を生成することである。

### 【0016】

#### 【課題を解決するための手段、並びに、作用及び発明の効果】

上記の課題を解決するためには、以下の手段が有効である。

即ち、本発明の第1の手段は、ステアリング・ホイールに操舵反力を付与する操舵アクチュエータを有する操舵機構と、転舵軸を駆動する転舵アクチュエータを有する転舵機構とを備えたステアリング制御装置において、ステアリング・ホイールの操舵角 $\theta$ を検出する操舵角センサと、転舵機構における転舵変位量 $X_a$ を検出する転舵変位量センサとを備え、更に、操舵角 $\theta$ の上限位置 $\theta_E$ 付近及び操舵角 $\theta$ の下限位置 $-\theta_E$ 付近において、操舵角 $\theta$ の所定の許容範囲（ $-\theta_E \leq \theta \leq \theta_E$ ）からの閾値越えを抑止する仮想的な当接抗力を、操舵角 $\theta$ 、転舵変位量 $X_a$ 、又は転舵変位量 $X_a$ に対する指令値 $X_n$ に基づいて生成する終端反力生成手段を上記の操舵機構に備えることである。

ただし、上記の操舵アクチュエータは、必ずしもステアバイワイヤ・システムの反力モータである必要はない。

### 【0017】

上記の仮想的な当接抗力は操舵角 $\theta$ 、転舵変位量 $X_a$ 、又は指令値 $X_n$ に基づいて生成されるため、上記の様な構成に従えば、転舵アクチュエータ（転舵モータ）に対する指令値を過大にすることなく、操舵アクチュエータ（反力モータ）から仮想的な当接抗力を出力することが可能となる。

したがって、本発明によれば、ハンドルの回転範囲に物理的な制約（終端又は当接点）が設けられていない操舵角 $\theta$ に対して、モータの発熱等の原因を作ることなく、仮想的な当接抗力（操舵反力）を生成することができる。

### 【0018】

尚、上記の操舵アクチュエータは、必ずしもステアバイワイヤ・システムの反力モータである必要はなく、例えば、操舵機構と転舵機構とを機械的に連結した

従来のパワーステアリング装置等の通常のステアリング制御装置においても、上記の構成によって、ハンドルの回転範囲に物理的な制約（終端又は当接点）が設けられていない操舵角  $\theta$  ( $-\theta_E < \theta < \theta_E$ ) に対して、モータの発熱等の原因を作ることなく、仮想的な当接抗力（操舵反力）を生成することができる。

### 【0019】

また、本発明の第2の手段は、上記の第1の手段において、操舵機構と転舵機構とを機械的に分離し、これら双方を連結する連結機構を電気的な連動機構にて代替的に構成することである。

### 【0020】

最近のステアバイワイヤ・システムの基本的な構成としては、ステアリング・ホイールに操舵反力を付与する操舵アクチュエータを有する操舵機構と、転舵軸を駆動する転舵アクチュエータを有する転舵機構とを備え、更に、ステアリング・ホイールの操舵角  $\theta$  を検出する操舵角センサと、ステアリング・ホイールに運転者が付与する操舵トルク  $\tau$  を検出する操舵トルクセンサと、転舵機構における転舵変位量  $X_a$  を検出する転舵変位量センサとを備えた構成が主流であり、この主要構成は今後とも主流になるものと思われる。

### 【0021】

したがって、上記の第2の手段によれば、現在の一般的なステアバイワイヤ・システムの主要構成に対して、例えば図2等に例示されるリミッタ（転舵変位量指令値演算部11B）や上記の終端反力生成手段を備えるだけで、本発明の作用・効果を得ることができる。即ち、本発明の制御機構を採用すれば、現在の一般的なステアバイワイヤ・システムの主要構成に対して、非常に安価に所望の問題解決機構（終端反力生成機構）を追加することが可能となる。

### 【0022】

また、本発明の第3の手段は、上記の第1又は第2の手段において、許容範囲 ( $-\theta_E \leq \theta \leq \theta_E$ ) の上下限を車速  $v$  に基づいて、動的に変更する操舵角閾値可変手段を備えることである。

### 【0023】

この様な手段によれば、例えば高速走行時の操舵角度範囲を狭く制限し、ギヤ

比（＝転舵量／操舵量）を小さく設定すれば、高速時には、過剰或いは急激な操舵が未然に回避され、これにより、安定した安心感のある操舵感を実現することができる。

また、極低速で行われることが多い駐車や車庫入れ等の操舵の際に、操舵角度範囲を狭く制限し、かつ、操舵量に対する転舵量の比を大きく設定することにより、小さな操舵操作によって、大きく転舵させることも可能となる。したがって、この様な手段は、例えば駐車時等の操舵操作量の軽減等にも大きな効果をもたらす。

#### 【0024】

また、本発明の第4の手段は、上記の第1乃至第3の何れか1つの手段において、指令値 $X_n$ の許容範囲（ $-X_E \leq X_n \leq X_E$ ）の上下限を車速 $v$ に基づいて、動的に変更する転舵変位量閾値可変手段を備えることである。

#### 【0025】

例えば雪道や水上等における曲芸的走行等の特殊或いは至って高度な操舵状況を除けば、通常、高速走行時に大きく転舵する操舵状況は考え難い。また、一般に、高速走行時には転舵量をある程度制限しておいた方がより安全だと考えられる。したがって、上記の手段によれば、例えば高速走行時等における転舵に伴う車両挙動の安全性や安定性を確保することができる。

#### 【0026】

また、本発明の第5の手段は、上記の第1乃至第4の何れか1つの手段において、転舵アクチュエータに対する指令値の閾値越えを緩和又は抑止する転舵リミッタを備え、この転舵リミッタを操舵角 $\theta$ （検出値）の閾値越えに対する操舵角リミッタを用いて構成することである。

#### 【0027】

この様な検出値に対するリミッタを例えば、図1の舵角センサ2と位置制御部10Bの間に設置すれば、図13の転舵変位量指令値演算部11Aの代わりに、図2のリミッタ（転舵変位量指令値演算部11B）を用いる必要がなくなる。この様な手段は、例えば本発明の終端反力生成手段において、仮想的な当接抗力を操舵角 $\theta$ に基づいて生成する際に特に有用となる。

### 【0028】

また、本発明の第6の手段は、上記の第1乃至第5の何れか1つの手段において、転舵アクチュエータに対する指令値の閾値越えを緩和又は抑止する転舵リミッタを備え、この転舵リミッタを指令値 $X_n$ の閾値越えに対する位置指令リミッタを用いて構成することである。

### 【0029】

この様な構成の例としては、例えば、上記の転舵リミッタを図2の位置指令リミッタ（転舵変位量指令値演算部11B）を用いて構成した場合等が考えられ、勿論、この様な構成によつても、本発明を具体的に実施することができる。

以上の本発明の手段により、前記の課題を効果的、或いは合理的に解決することができる。

### 【0030】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。ただし、本発明は以下に示す実施例に限定されるものではない。

#### 〔第1実施例〕

図3は、本第1実施例のステアリング制御装置200の制御方式を表す制御ブロック図である。このステアリング制御装置200は、前述のステアリング制御装置100と同様に、図1の位置制御部10Bを、図13の転舵変位量指令値演算部11Aの代わりに、図2の転舵変位量指令値演算部11Bを用いて構成したものであり、この転舵変位量指令値演算部11BとPID制御部12の動作により転舵軸8の位置制御（位置制御B）を実行する。

### 【0031】

例えば、ステアリング制御装置200（図3）の位置制御部10Bは、ステアリング制御装置100と同様に、図13の転舵変位量指令値演算部11Aの代わりに、図2の転舵変位量指令値演算部11Bを用いて構成されている。そして、この転舵変位量指令値演算部11BとPID制御部12（図13）の動作により転舵軸8の所定のフィードバック制御（これを以下、位置制御Bと表す）を実行する。ただし、PID制御部12等のその他の部分はそのまま用いる。

## 【0032】

更に、位置制御部 10B (図3) の転舵変位量指令値演算部 11B の演算方式についても、ステアリング制御装置 100 と同様である。即ち、図3の位置制御部 10B が使用する図2のグラフは、転舵変位量指令値演算部 11B から参照可能なマップ (テーブルデータ) から構成されており、このグラフの土  $X_E$  は転舵変位量の許容範囲を表している。この上下限値は実際の転舵軸の変位量の限界点に合わせて設定されている。例えばこの様に、転舵変位量の指令値  $X_n$  の上下限をリミッタ等を用いてガードすれば、転舵モータ 6 に対する指令電流  $I_n$  が過大となることが防止されるため、上記の発熱の問題は排除される。

## 【0033】

更に、本ステアリング制御装置 200 には、本発明の最も大きな特徴である終端反力生成手段 (エンド反力制御部 20) が具備されており、この点が前述のステアリング制御装置 100 とは大きく異なる。

## 【0034】

反力制御部 5 や位置制御部 10A や終端反力生成手段 (エンド反力制御部 20) は、各々 1 台の処理装置 (制御装置) から構成しても良いし、1 台の処理装置 (制御装置) が実行する 3 つの制御プログラムとして構成しても良い。また、各モータ 4、6 を駆動する図略の各モータ駆動回路は、各モータに付随させても良いし、処理装置 (制御装置) 側に具備しても良い。これらの装置構成は任意で良い。

## 【0035】

図4に、本ステアリング制御装置 200 の終端反力生成手段 (エンド反力制御部 20) のエンド反力 ( $-i_2$ ) の演算方式を例示する。

例えばこの様な操舵角  $\theta$  とは逆向きの指令電流  $i_2$  を新たに生成して、反力モータ 4 に追加的に指令することにより、反力モータ 4 からの出力トルクは、次式 (1) の新たな指令値  $i_n$  に比例する結果となる。

## 【数1】

$$i_n = i_1 + i_2 \quad \cdots (1)$$

ただし、ここで、 $i_1$  は反力制御部 5 からの電流指令 (従来分) であり、 $i_2$

はエンド反力制御部20からの電流指令（エンド反力生成電流）である。

### 【0036】

例えばこの様に終端反力生成手段を構成することにより、エンド反力生成電流  $i_2$  が転舵範囲の上下限付近においてハンドルを中立点側に戻す形で急峻に生成されるので、ハンドルの回転範囲に物理的な制約（終端又は当接点）が設けられていない操舵角  $\theta$  に対しても、モータの発熱等の原因を作ることなく、仮想的な当接抗力（操舵反力）を生成することができる。

### 【0037】

#### 〔第2実施例〕

図5は、本第2実施例のステアリング制御装置300の制御方式を表す制御ブロック図である。このステアリング制御装置300は、第1実施例のステアリング制御装置200の構成を幾らか改造したものであり、以下で特に言及していない部分については、基本的に第1実施例のステアリング制御装置200と同じ構成である。

### 【0038】

以下、本第2実施例のステアリング制御装置300の特徴部分を中心に、その構成、制御手順、作用、効果等を詳細に説明する。

本第2実施例のステアリング制御装置300は、終端反力生成手段として、前述の第1実施例のステアリング制御装置200のエンド反力制御部20（図3、図4）の代わりに、操舵角  $\theta$  から直接的に終端反力を生成するエンド反力制御部21（図5）を用いている点が、最も大きく異なっている。

以下、反力制御部5、位置制御部10A、及びエンド反力制御部21（終端反力生成手段）を1台の処理装置（制御装置）が実行する3つの制御プログラムとして構成した場合に関する、ステアリング制御装置300の具体的な制御手順を説明する。

### 【0039】

図6は、本第2実施例のステアリング制御装置300の制御手順を表すフローチャートである。

このステアリング制御の制御手順では、まず最初に、ステップ610によりシ

システムの初期化を行う。この初期化は、制御変数の初期化や定期的な繰り返し処理に必要なタイマー割り込み制御の初期化等の処理が中心である。

#### 【0040】

次に、ステップ620では、操舵角センサ2、操舵トルクセンサ3、転舵変位量センサ7、及び図略の車速センサ等の各種センサからの各検出結果（操舵角 $\theta$ 、操舵トルク $\tau$ 、転舵変位量 $X_a$ 、車速 $v$ 等）を入力する。

ステップ630では、転舵モータ制御を行うサブルーチン（図7）を呼び出して実行する。このサブルーチンは、図5の位置制御Bを実行する位置制御部10Bを具現するサブルーチンである。

#### 【0041】

図7に、この転舵モータ制御（630）の制御手順を例示する。

本サブルーチンのステップ730では、図2のマップ（テーブルデータ）に基づいて、転舵変位量の指令値 $X_n$ を求める。ただし、図2のマップは1次式で表現されているが、操舵角 $\theta$ に対する指令値 $X_n$ は $\theta$ の2次式で表現される形のものでも良い。例えば、次式（2）を近似的に満たす原点対称の指令値 $X_n$ の設定により、中立点付近において比較的穏やかな転舵応答を示すステアリング制御装置を構成することができる。ただし、以下の各係数 $a_1$ 、 $a_2$ はそれぞれ適当にチューニングされた定数である。

#### 【数2】

$$dX_n/d\theta = a_1 + a_2 |\theta| \quad \dots (2)$$

#### 【0042】

ステップ750では、ステップ620とステップ730の実行結果に基づいて、転舵変位量の指令値と測定値との偏差 $\Delta X$ （= $X_n - X_a$ ）を求める。

ステップ770では、この偏差 $\Delta X$ に関する所定の比例積分微分制御（これを以下、PID制御1と表す）を実行する。

以下、この比例積分微分制御（PID制御1）について説明する。

#### 【0043】

（PID制御1）

この比例積分微分制御は、公知の次式（3）に従って、転舵モータ6に対する

電流指令値  $I_n$  を算出するものである。ただし、以下の各係数  $b_1$ ，  $b_2$ ，  $b_3$  はそれぞれ適当にチューニングされた定数である。

【数3】

$$I_n = b_1 \Delta X + b_2 \int \Delta X dt + b_3 d(\Delta X) / dt \quad \cdots (3)$$

【0044】

そして、次のステップ790では、以上のP I D制御1によって算出された電流指令値  $I_n$  を、図略の転舵モータ駆動回路と図5の反力制御部5に対して出力する。

以上の転舵モータ制御を実行した後は、本サブルーチンの呼出元（図6）に制御を戻す。

【0045】

次に、図6のステップ640では、反力モータ制御を行うサブルーチン（図8）を呼び出して実行する。このサブルーチンは、図5の反力制御部5とエンド反力制御部21（終端反力生成手段）とを同時に具現するサブルーチンである。

【0046】

図8に、この反力モータ制御（640）の制御手順を例示する。本サブルーチンでは、まず最初にステップ820にて、所定の比例積分微分制御（これを以下、P I D制御2と表す）を実行する。

以下、この比例積分微分制御（P I D制御2）について説明する。

【0047】

（P I D制御2）

この比例積分微分制御は、次式（4）に従って、図5の反力モータ4に対する電流指令の従来分である電流指令値  $i_1$  を算出するものである。ただし、以下の各係数  $c_1$ ，  $c_2$ ，  $c_3$ ，  $c_4$ ，  $c_5$ ，  $c_6$  はそれぞれ適当にチューニングされた定数とする。

【数4】

$$i_1 = -c_1 \tau - c_2 \int \tau dt - c_3 d\tau / dt - c_4 I_n - c_5 \int I_n dt - c_6 dI_n / dt \quad \cdots (4)$$

以上のP I D制御2によって、反力モータ4に対する従来分の電流指令値  $i_1$

が算定される。

### 【0048】

次に、ステップ830では、マップ（テーブルデータ）によって実現される適当な関数  $f$  を用いて、操舵角の許容範囲の上限値  $\theta_E$  を決定する。ただし、ここで、  $f$  はステップ620で入力された車速  $v$  に基づいて操舵角  $\theta$  の上限値  $\theta_E$  を決定する関数であり、例えば図9に例示される様なマップ（操舵角閾値可変手段）により実現することができる。

### 【数5】

$$\theta_E = f(v) \quad \cdots (5)$$

即ち、操舵角  $\theta$  の上下限に相当する閾値 ( $\pm \theta_E$ ) は、例えば図9や式(5)に示す様に、適当な関数を用いて車速  $v$  等に応じて動的に変化させることができる。

この角度  $\theta_E$  ( $> 0$ ) は、前述の転舵モータの発熱の問題が顕在化或いは表面化する恐れの無い範囲内で任意に設定（最適化）することができる。

### 【0049】

次に、ステップ840では、例えば図10に例示される様なマップ（テーブルデータ）によって、エンド反力生成電流  $i_2$ （終端反力生成手段からの指令電流）を決定する。即ち、図10は、ステアリング制御装置300の終端反力生成手段（エンド反力制御部21）のエンド反力生成電流  $i_2$  の演算方式を例示するグラフである。電流  $i_2$  の値は所定の閾値 ( $\pm \theta_E$ ) 付近で急峻に増減している。例えば、この様な電流指令（エンド反力生成電流  $i_2$ ）の設定によれば、転舵位置がエンド付近に在るか否かに係わらず、任意の操舵角  $\theta$  に対して、当接点（終端）をシミュレート又はエミュレートすることが可能となる。

### 【0050】

尚、図10では直線的な設定例を例示しているが、この急峻な増減部の形状は曲線的に構成しても良い。例えば、2次関数、3次関数、或いは4次関数等を利用して曲線的に定義しても良いし、適当なマップ（テーブルデータ）と補間処理によって好適な当接感を実現する様にしても良い。

### 【0051】

図8のステップ850では、第1実施例と同様に前述の式(1)に従って、反力モータ4に対する電流指令値*i<sub>n</sub>*を決定する。

そして、次のステップ860では、以上の様にして算出された電流指令値*i<sub>n</sub>*を、図略の反力モータ駆動回路に対して出力する。

以上の反力モータ制御を実行した後は、本サブルーチンの呼出元(図6)に制御を戻す。

#### 【0052】

そして、図6のステップ650では、最後に、ステップ620以降の処理を定期的(1例:0.5ms周期)に実行するために、タイマ割り込みの予約設定処理等を行い、タイマ割り込みの待ち状態に遷移する。

#### 【0053】

以上のステアリング制御に関する制御手順に従えば、ハンドルの回転範囲に物理的な制約(終端又は当接点)が設けられていない操舵角θに対して、モータの発熱等の原因を作ることなく、仮想的な当接抗力(操舵反力)を生成することができる。

#### 【0054】

また、図9に例示される様な設定に従えば、例えば高速走行時の操舵角度範囲を狭く制限し、ギヤ比(=転舵量/操舵量)を小さく設定することにより、高速時には、過剰或いは急激な操舵が未然に回避されるので、これにより、安定した安心感のある操舵感を実現することができる。また、極低速で行われることが多い駐車や車庫入れ等の操舵の際に、操舵角度範囲を狭く制限し、かつ、操舵量に対する転舵量の比を大きく設定することにより、小さな操舵操作によって、大きく転舵させることも可能となる。したがって、この様な手段は、例えば駐車時等の操舵操作量の軽減等にも大きな効果をもたらす。

#### 【0055】

また、転舵リミッタは、操舵角θ(検出値)の閾値越えに対する操舵角リミッタを用いて構成しても良い。この様な検出値に対するリミッタを例えば、図5の位置制御部10Bの前段(直前)に設置すれば、図13の転舵変位量指令値演算部11Aの代わりに、図2のリミッタ(転舵変位量指令値演算部11B)を用い

る必要がなくなる。

### 【0056】

或いは、上記の構成において、転舵リミッタを省略した構成を取っても良い。終端反力生成手段からの指令電流（エンド反力生成電流  $i_2$ ）の作用により、操舵角  $\theta$  は自ずと制約されるので、この指令電流  $i_2$  を効果的に生成する終端反力生成手段が具備されている限りにおいては、必ずしも転舵リミッタを具備する必要はない。言い換えれば、上記の転舵リミッタは、指令電流  $i_2$  によって生成される終端反力を相殺して余りある強力な操舵が行われた場合に対するフェールセーフの働きを奏するものと考えることができる。

### 【0057】

#### 〔第3実施例〕

本第3実施例は、上記の第2実施例の構成例に対する部分的な変形例を示すものであり、以下、ステアリング制御装置300の転舵変位量指令値演算部11Bに関するその他の構成例（即ち、転舵変位量指令値演算部11C）を具体的に説明する。

### 【0058】

図11に、本第3実施例における転舵変位量指令値演算部11Cの演算方式を例示する。本図11の縦軸切片の  $X_{E1}$ ,  $X_{E3}$  は、図9の車速  $v_1$ ,  $v_3$  に対する各転舵変位量の許容範囲の上限値 ( $X_E$ ) の値を示している。即ち、操舵角  $\theta$  が大きく変動した場合においても、各車速において、転舵量の指令値  $X_n$  がこれらの上限値 ( $X_{E1}$ ,  $X_{E3}$ ) を超えることはない。尚、本第3実施例においては、図9の車速  $v_2$  に対する転舵変位量の許容範囲の上限値 ( $X_{E2}$ ) は、車速  $v_1$  に対する転舵変位量の許容範囲の上限値  $X_{E1}$  と略同値に設定されている。

### 【0059】

例えば、この様な設定により、可変ギヤ比システムを容易に構成（シミュレート又はエミュレート）することができる。例えば図11の高速時 ( $v_3$ ) の設定の様に、操舵角度範囲を狭く制限しギヤ比を小さく設定すれば、高速時には操舵に対する転舵が比較的小さく応答するので、これにより、安定した操舵感を実現することができる。また、例えば図11の高速時 ( $v_3$ ) の設定の様に、転舵量

範囲を動的に狭く制限することにより、高速走行時における転舵に伴う車両挙動の安全性や安定性を確保することができる。

#### 【0060】

また、極低速で行われることが多い駐車や車庫入れ等の操舵の際に、操舵角度範囲を狭く制限し、かつ、操舵量に対する転舵量の比を大きく設定することにより、小さな操舵操作によって、大きく転舵させることも可能となる。したがって、この様な手段は、例えば駐車時等の操舵操作量の軽減等にも大きな効果をもたらす。

#### 【0061】

尚、上記の各実施例における終端反力生成手段（エンド反力制御部20や、エンド反力制御部21）は、反力制御部5の内部モジュールや、或いは反力制御部5が利用可能な外部関数やローカル関数等として具備しても良い。

#### 【0062】

また、上記の各実施例では、SBWシステム（ステアバイワイヤ・システム）の構成例を例示したが、本発明は、例えば、機械的に構成されたVGRS等の様に、操舵機構と転舵機構とが機械的に連動したステアリング制御装置にも適用することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

発熱防止機能を有するステアリング制御装置100の制御方式を表す制御ブロック図。

##### 【図2】

ステアリング制御装置100の転舵変位量指令値演算部11Bの演算方式を表すグラフ。

##### 【図3】

本発明の第1実施例に係わるステアリング制御装置200の制御方式を表す制御ブロック図。

##### 【図4】

ステアリング制御装置200の終端反力生成手段（エンド反力制御部20）の

エンド反力 ( $-i_2$ ) の演算方式を表すグラフ。

【図5】

本発明の第2実施例に係わるステアリング制御装置300の制御方式を表す制御ブロック図。

【図6】

本発明の第2実施例に係わるステアリング制御装置300の制御手順を表すフローチャート。

【図7】

ステアリング制御装置300の転舵モータ制御の制御手順を表すフローチャート。

【図8】

ステアリング制御装置300の反力モータ制御の制御手順を表すフローチャート。

【図9】

ステアリング制御装置300の操舵角閾値可変手段の閾値設定方式を表すグラフ。

【図10】

ステアリング制御装置300の終端反力生成手段（エンド反力制御部21）のエンド反力生成電流  $i_2$  の演算方式を表すグラフ。

【図11】

本発明の第3実施例に係わる転舵変位量指令値演算部11Cの演算方式を表すグラフ。

【図12】

従来のステアリング制御装置900の制御方式を表す制御ブロック図。

【図13】

従来のステアリング制御装置900の位置制御A（10A）の制御方式を表す制御ブロック図。

【符号の説明】

100, 200,

300 … ステアリング制御装置

1 … ハンドル（ステアリング・ホイール）

2 … 舵角センサ（操舵角センサ）

3 … トルクセンサ（操舵トルクセンサ）

4 … 反力モータ（操舵アクチュエータ）

5 … 反力制御部

6 … 転舵モータ（転舵アクチュエータ）

7 … 位置センサ（転舵変位量センサ）

8 … 転舵軸

9 … タイヤ

10A … 位置制御Aを実行する位置制御部

10B … 位置制御Bを実行する位置制御部

11A … 転舵変位量指令値演算部（位置制御A用）

11B … 転舵変位量指令値演算部（位置制御B用）

11C … 転舵変位量指令値演算部（第3実施例）

20 … 終端反力生成手段（エンド反力制御部）

21 … 終端反力生成手段（エンド反力制御部）

$\theta$  … 操舵角

$\theta_E$  … 操舵角の許容範囲の上限値

$X_a$  … 転舵変位量（測定値）

$X_n$  … 転舵変位量の指令値

$X_E$  … 転舵変位量の許容範囲の上限値

$v$  … 車速

$f$  … 車速  $v$  に基づいて操舵角の上限値  $\theta_E$  を決定する関数

$\tau$  … 操舵トルク

$I_n$  … 転舵アクチュエータ（転舵モータ6）に対する指令電流

$i_n$  … 操舵アクチュエータ（反力モータ4）に対する指令電流

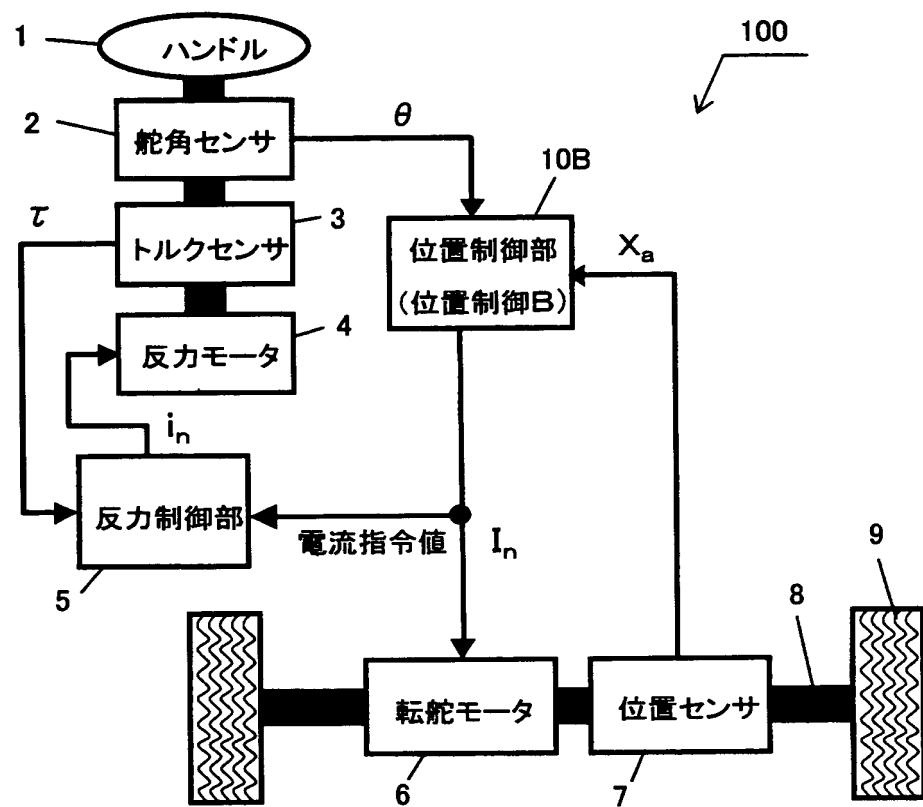
$i_1$  … 反力制御部5からの指令電流

$i_2$  … エンド反力生成電流（終端反力生成手段からの指令電流）

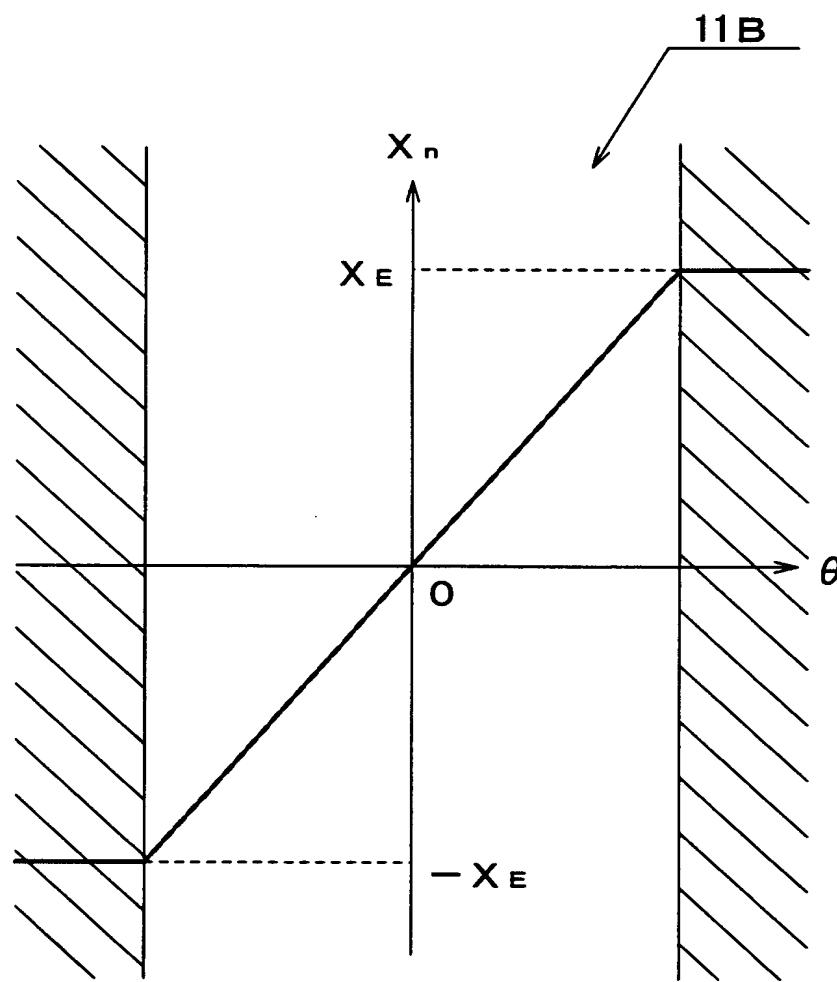
【書類名】

図面

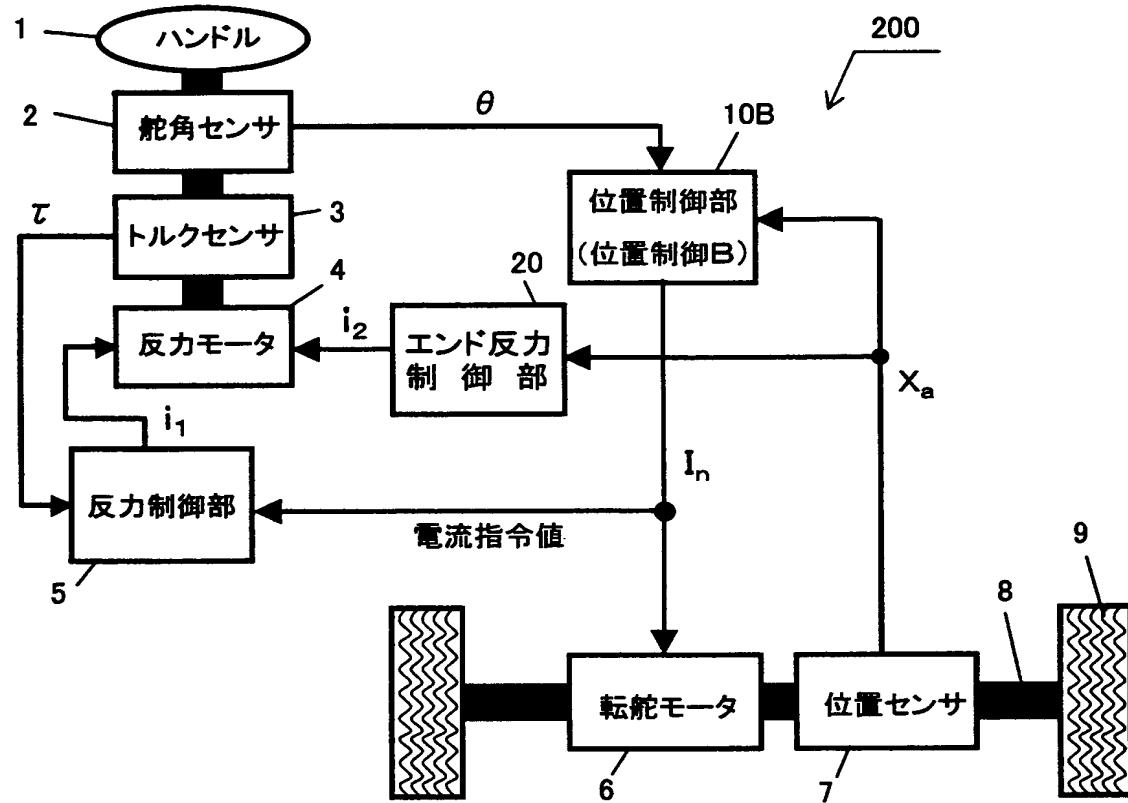
【図 1】



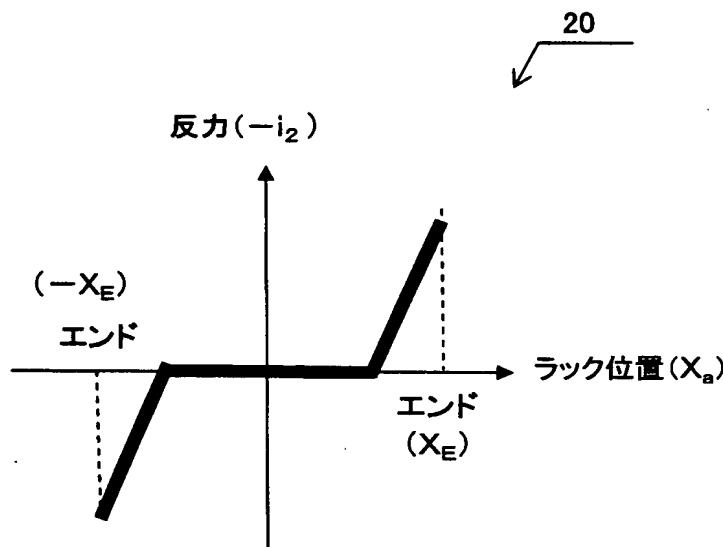
【図 2】



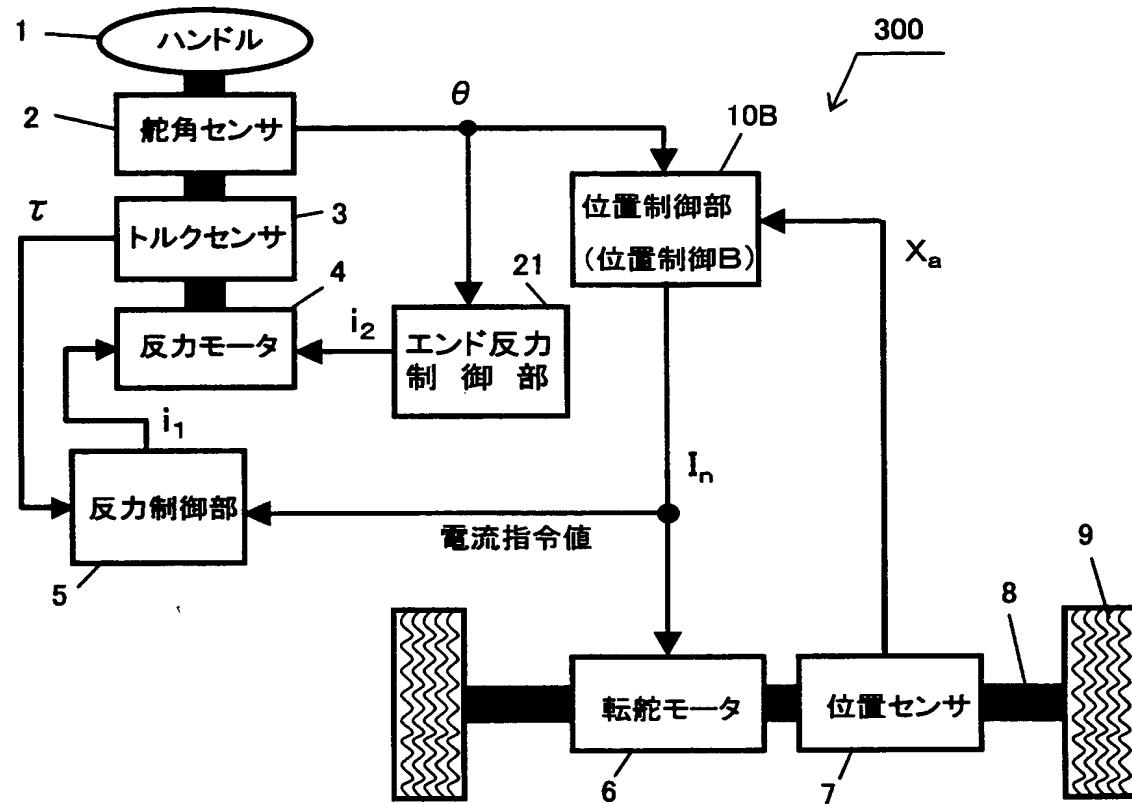
【図 3】



【図 4】

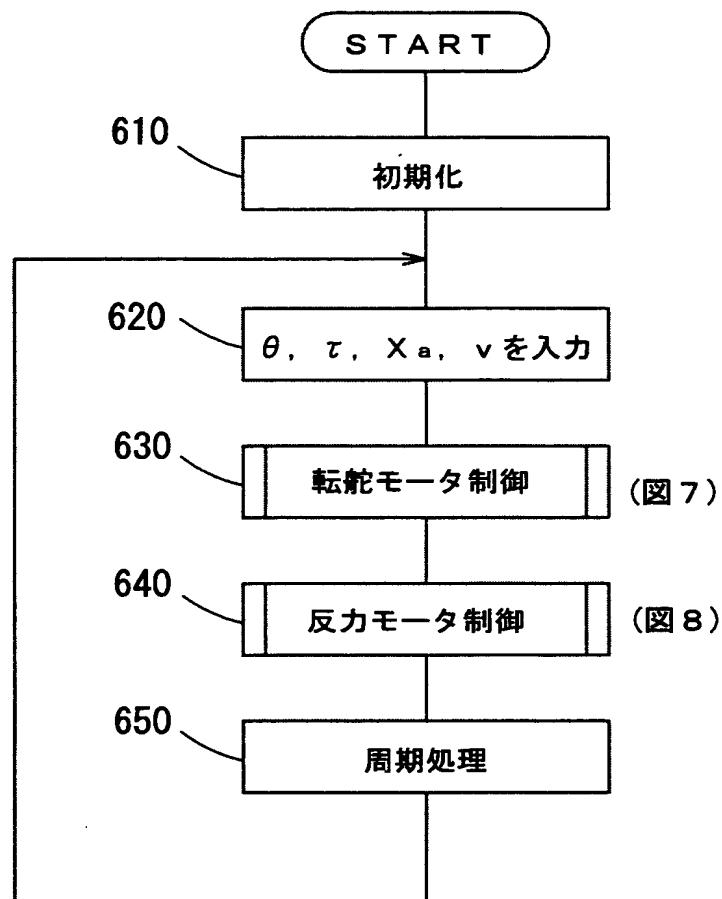


【図5】



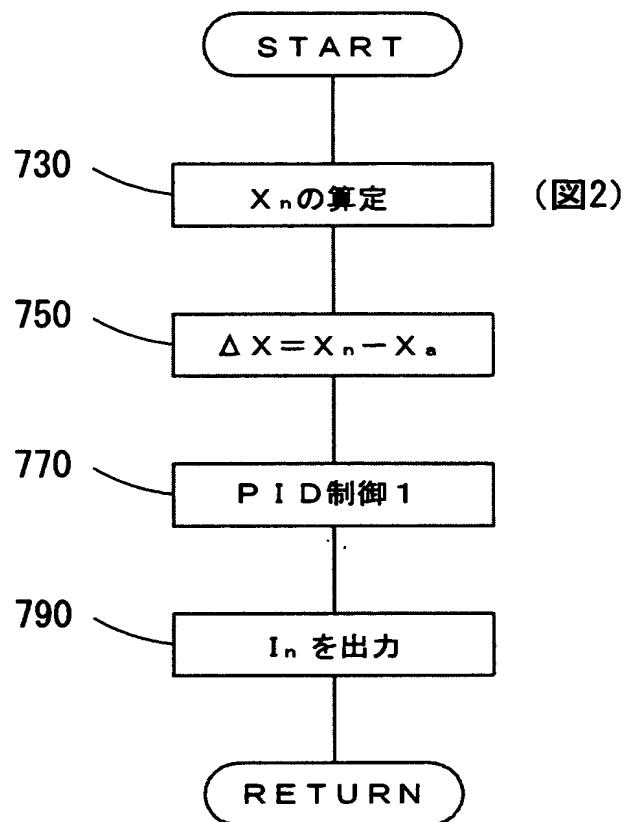
【図6】

## [ステアリング制御] (300)



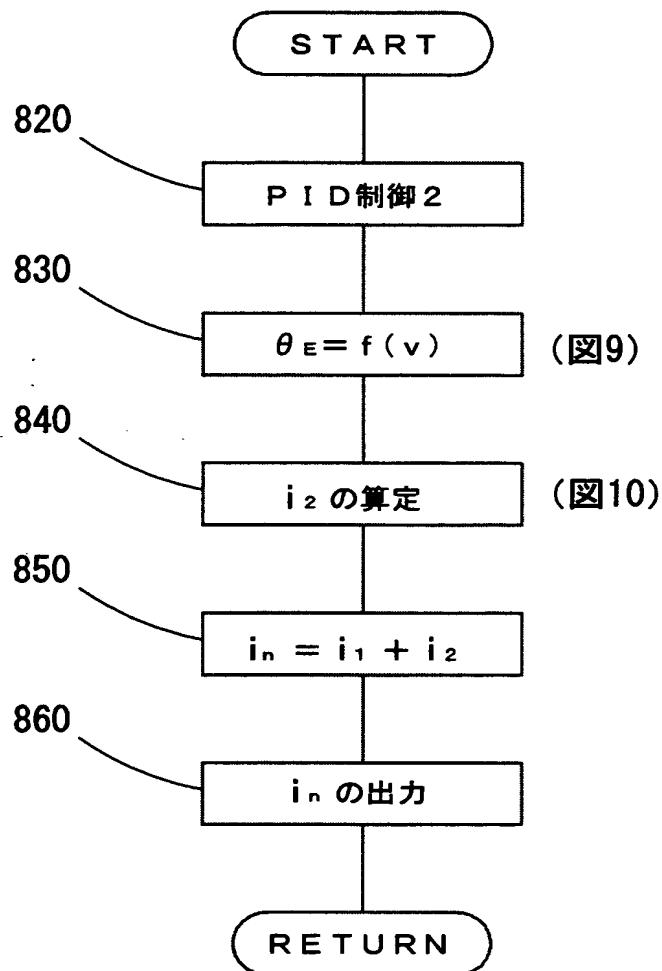
【図 7】

## [転舵モータ制御] (630)

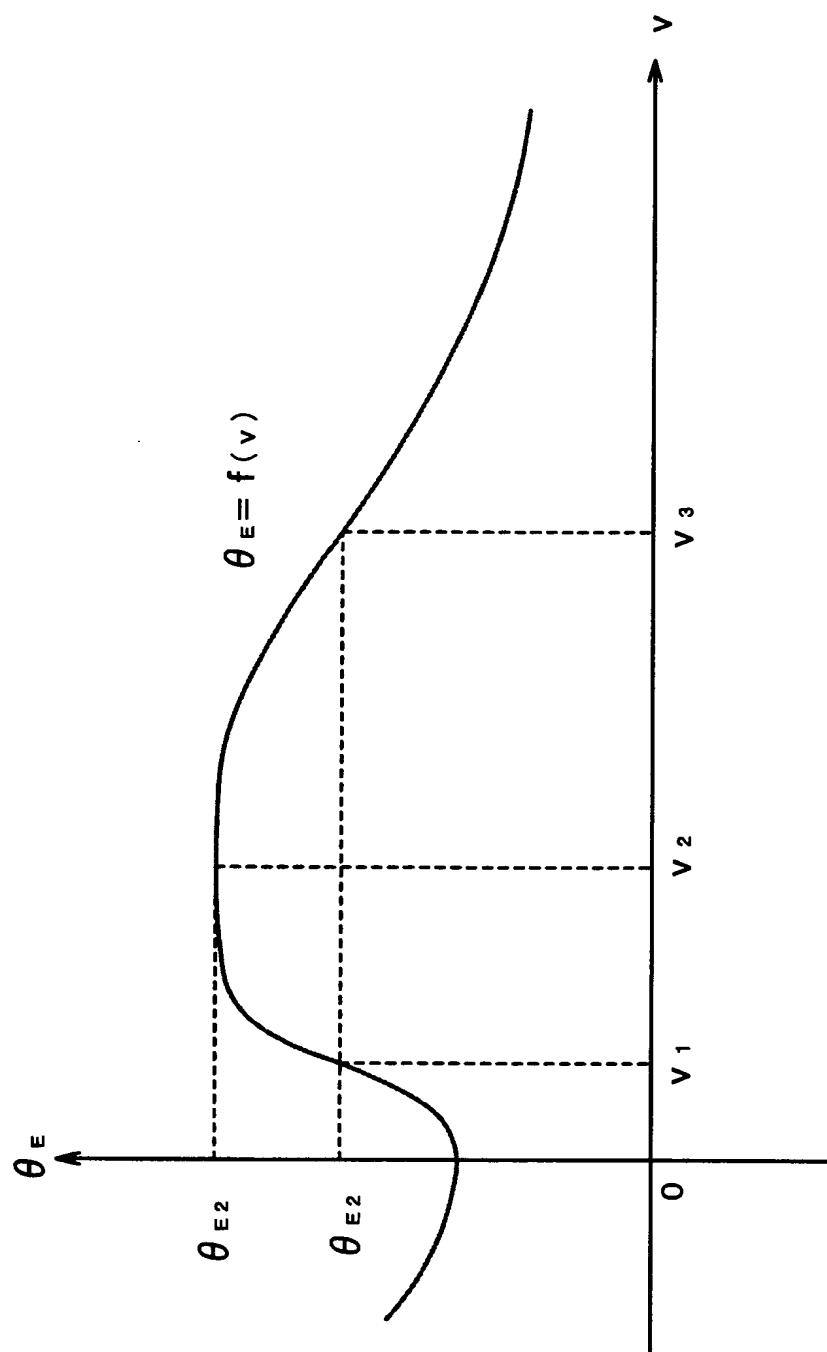


【図8】

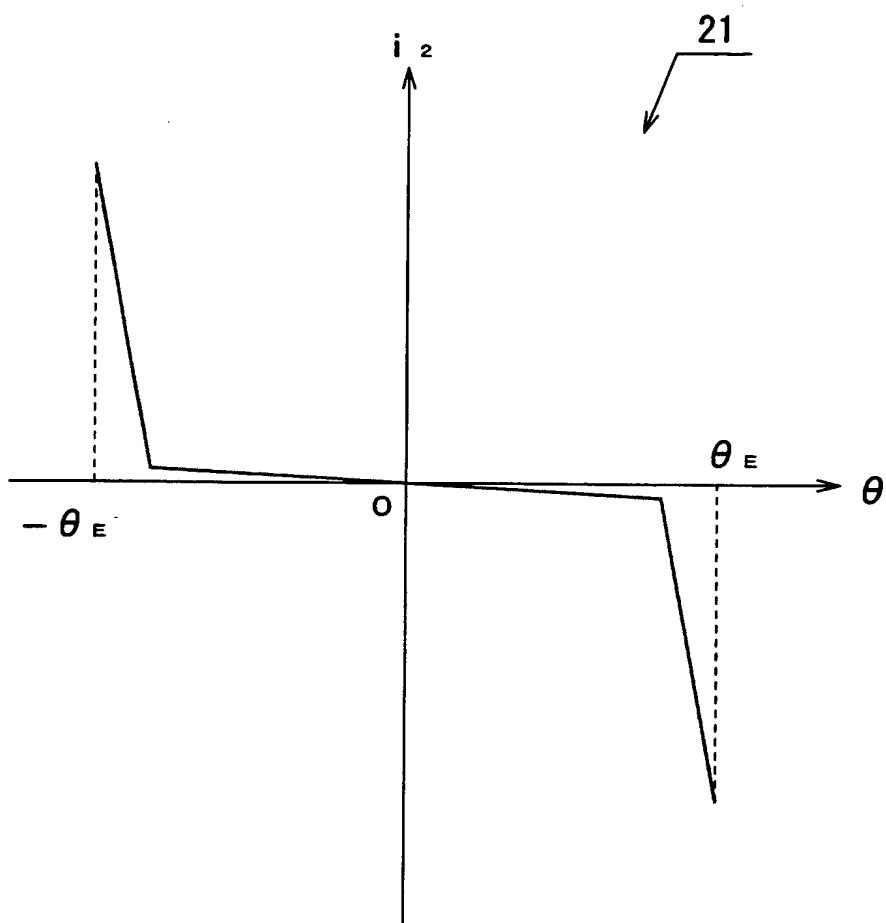
## [反応モータ制御] (640)



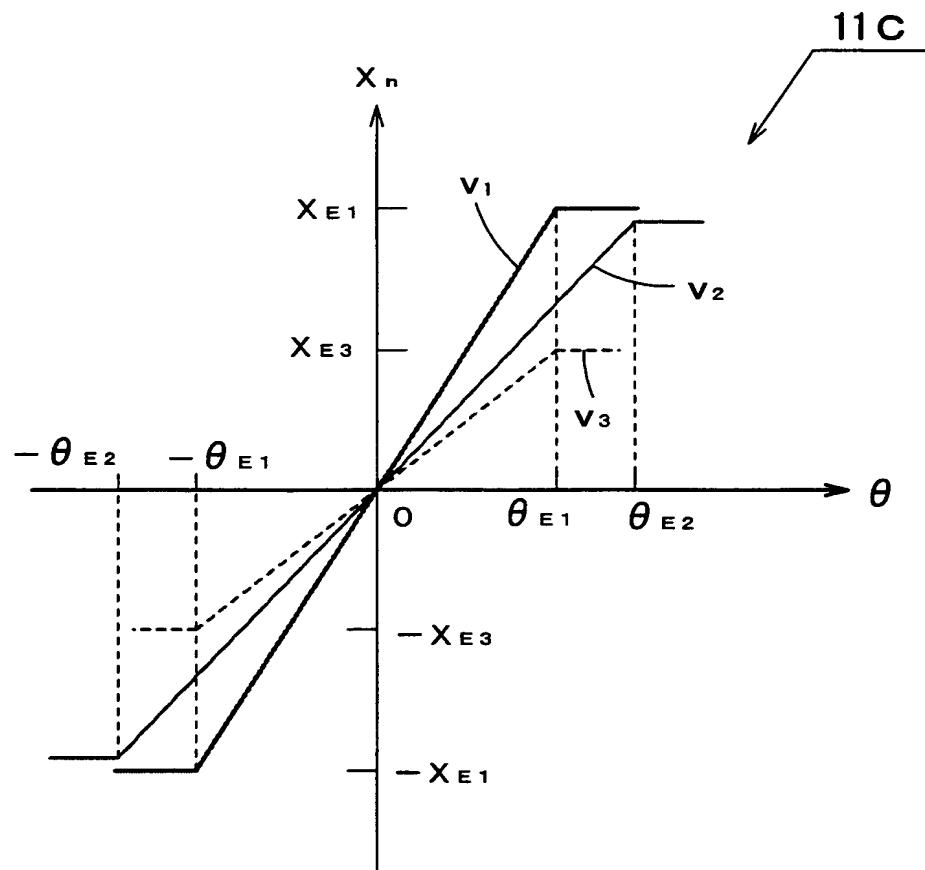
【図9】



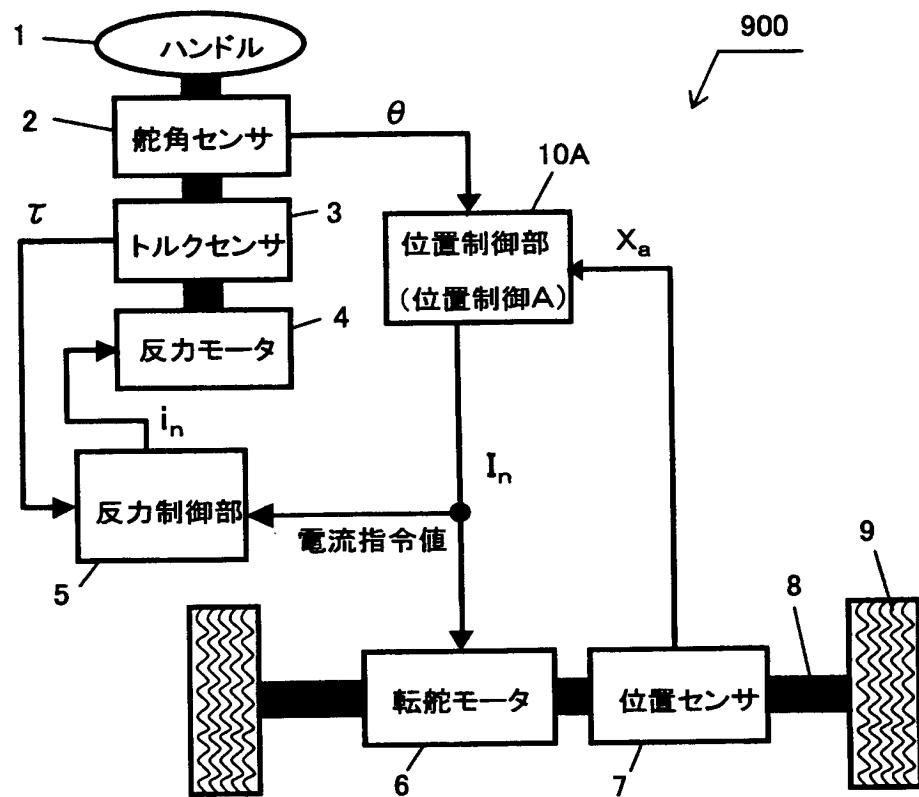
【図10】



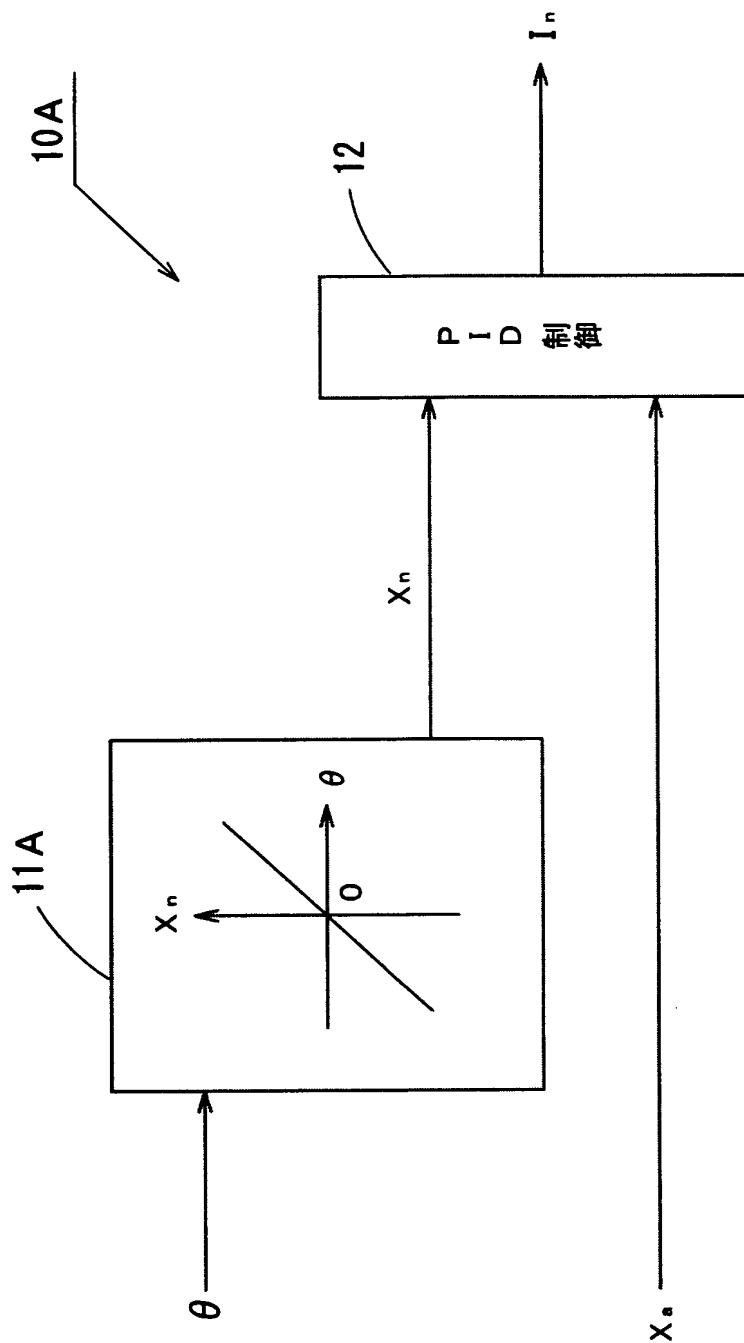
【図 1 1】



【図12】



【図13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 仮想的な当接抗力（操舵反力）を生成すること。

【解決手段】 本ステアリング制御装置200には、本発明の最も大きな特徴部である終端反力生成手段（エンド反力制御部20）が具備されており、エンド反力生成電流*i<sub>2</sub>*が転舵範囲の上下限付近においてハンドルを中立点側に戻す形で急峻に生成される。例えばこの様な指令電流*i<sub>2</sub>*を新たに生成して、反力モータ4に追加的に指令することにより、反力モータ4からの出力トルクは、式「 $i_n = i_1 + i_2$ 」の新たな指令値*i<sub>n</sub>*に比例する結果となる。ただし、ここで、*i<sub>1</sub>*は反力制御部5からの電流指令である。例えばこの様に終端反力生成手段を構成することにより、ハンドルの回転範囲に物理的な制約（終端又は当接点）の設定がない操舵角 $\theta$ に対しても、モータの発熱等の原因を作ることなく、仮想的な当接抗力（操舵反力）を生成することができる。

【選択図】 図3

特願 2002-298664

出願人履歴情報

識別番号 [000003470]

1. 変更年月日 1990年 8月24日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地  
氏 名 豊田工機株式会社